

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-311452

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.Cl. F16F 15/03
B60G 17/00
F16F 15/02

(21)Application number : 2000-131002

(71)Applicant : TOKICO LTD

(22)Date of filing : 28.04.2000

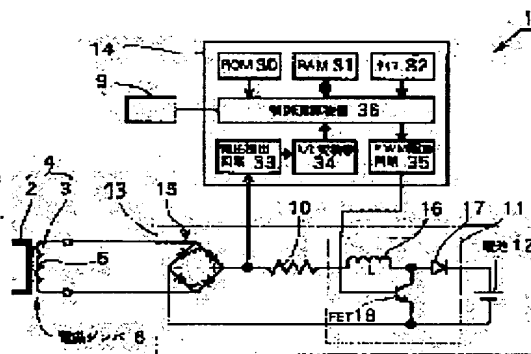
(72)Inventor : AKAMI YUSUKE
UCHIUMI NORIYUKI

(54) ELECTROMAGNETIC SUSPENSION CONTROL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electromagnetic suspension control system in which a satisfactory damping force characteristic can be secured.

SOLUTION: When an input voltage (an induced voltage of an electromagnetic damper 6) to a booster circuit 11 and, by extension, a stroke velocity are high, a duty ratio of switching of FET 18 is so determined for a damping force to be constant and FET 18 is switched in response to the determined duty ratio to obtain the damping force. Even when the stroke velocity of the electromagnetic damper is large, the generating damping force can be restrained below the constant value, to develop into a state of over damping is restrained, and the satisfactory damping force characteristic can be attained. In addition, by changing the duty ratio, an electric current run in the circuit can be regulated, the damping force characteristic can be changed over wider range, and, by extension, versatility can be advanced. With an electric current in the circuit being reduced by adjustment, heat generation of the circuit can be restrained and over heating can be prevented.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-311452
(P2001-311452A)

(43)公開日 平成13年11月9日(2001.11.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
F 1 6 F 15/03		F 1 6 F 15/03	B 3 D 0 0 1
B 6 0 G 17/00		B 6 0 G 17/00	3 J 0 4 8
F 1 6 F 15/02		F 1 6 F 15/02	B

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 15 頁)

(21)出願番号	特願2000-131002(P2000-131002)	(71)出願人	000003056 トキコ株式会社 神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目 6番3号
(22)出願日	平成12年4月28日(2000.4.28)	(72)発明者	赤見 裕介 神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3 号 トキコ株式会社内
		(72)発明者	内海 典之 神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3 号 トキコ株式会社内
		(74)代理人	100068618 弁理士 萆 経夫 (外3名)

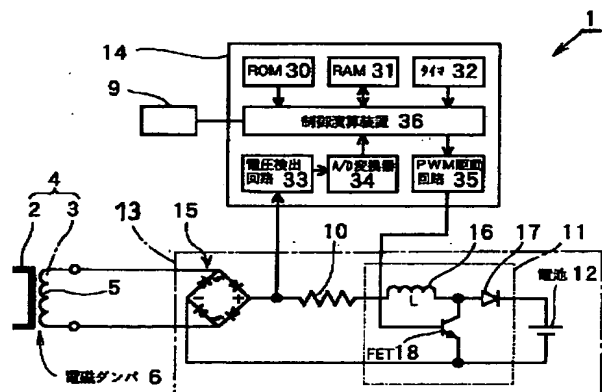
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 電磁サスペンション制御装置

(57) 【要約】

【課題】 良好な減衰力特性を確保することができる電磁サスペンション制御装置を提供する。

【解決手段】 昇圧回路11への入力電圧（電磁ダンパ6の誘導電圧）ひいてはストローク速度が大きいときには、減衰力が一定になるようにFET18のスイッチングのデューティ比を決め、この決められたデューティ比に対応させてFET18をスイッチングさせ減衰力を得る。電磁ダンパ6のストローク速度が大きくても、発生する減衰力を一定値以下に抑えることができ、過減衰の状態になることが抑制され、良好な減衰力特性を確保できる。また、デューティ比を変えることにより回路に流れる電流値を調整でき、減衰力特性を広範囲にわたって変えることができ、ひいては汎用性を向上できる。回路に流れる電流値を調整して小さくすることにより、回路の発熱を抑え過熱防止を図ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 相対伸縮可能に設けられ、一方に永久磁石、他方にコイルが設けられた第1、第2部材を有し、伸縮時に発生する電磁力によって減衰力を発生する電磁サスペンションと、

該電磁サスペンションに接続され、該電磁サスペンションが発生した電力を充電装置に蓄えるためのスイッチング手段を有する変圧機構とを備え、

前記スイッチング手段をPWM信号で駆動することを特徴とする電磁サスペンション制御装置。

【請求項2】 前記変圧機構への入力電圧に応じて前記PWM信号のデューティ比を可変としたことを特徴とする請求項1に記載の電磁サスペンション制御装置。

【請求項3】 前記電磁サスペンションと変圧機構との間に可変抵抗器を介装したことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の電磁サスペンション制御装置。

【請求項4】 前記変圧機構への入力電圧及び減衰力の大きさに応じて前記可変抵抗器の抵抗値を可変としたことを特徴とする請求項3に記載の電磁サスペンション。

【請求項5】 必要とする減衰力及び充電した電力に基づいて、前記電磁サスペンションに電流を供給して駆動するか、又は、前記電磁サスペンションが発生した電力を充電するかを判定する判定手段を設けたことを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の電磁サスペンション制御装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車、鉄道車両、構造物及び建造物などに用いられる電磁サスペンション制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の電磁サスペンション制御装置の一例として、相対伸縮可能に設けられた第1、第2部材からなる伸縮部材と、第1部材に設けた永久磁石と、この永久磁石の磁界と交差可能に第2部材に設けたコイルとからなる電磁ダンパを備え、コイルに通電することにより可動部（第1部材又は第2部材）を変位させ、モータ（永久磁石及びコイル）をアクチュエータとしてアクティブに動作させる一方、モータ（永久磁石及びコイル）を発電機として使用することにより（パッシブに）減衰力を発生させるようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した電磁サスペンション制御装置では、電磁ダンパのストローク速度（すなわち、抵抗等への入力電圧）の低い領域では減衰力は小さく、入力電圧が高くなるに従い減衰力が大きくなる〔ストローク速度（入力電圧）－減衰力特性図において、減衰力を示す線分が立ち上がるようになる。〕。このため、入力電圧がさらに高くなれば、減衰力が極めて高くなり、過減衰となってしまうことがあ

る。

【0004】なお、油圧式のダンパでは、リリーフ弁が設けられ、前記過減衰の発生を抑制することができる。しかし、このようなリリーフ弁に相当するものは、上記従来技術の電磁サスペンション制御装置には設けられておらず、良好な減衰力特性を得られていないというのが実情であった。

【0005】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、良好な減衰力特性を確保することができる電磁サスペンション制御装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、相対伸縮可能に設けられ、一方に永久磁石、他方にコイルが設けられた第1、第2部材を有し、伸縮時に発生する電磁力によって減衰力を発生する電磁サスペンションと、該電磁サスペンションに接続され、該電磁サスペンションが発生した電力を充電装置に蓄えるためのスイッチング手段を有する変圧機構とを備え、前記スイッチング手段をPWM信号で駆動することを特徴とする。

【0007】請求項2記載の発明は、請求項1に記載の構成において、前記変圧機構への入力電圧に応じて前記PWM信号のデューティ比を可変としたことを特徴とする。請求項3記載の発明は、請求項1又は請求項2に記載の構成において、前記電磁サスペンションと変圧機構との間に可変抵抗器を介装したことを特徴とする。

【0008】請求項4記載の発明は、請求項3に記載の構成において、前記変圧機構への入力電圧及び減衰力の大きさに応じて前記可変抵抗器の抵抗値を可変としたことを特徴とする。請求項5記載の発明は、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の構成において、必要とする減衰力及び充電した電力に基づいて、前記電磁サスペンションに電流を供給して駆動するか、又は、前記電磁サスペンションが発生した電力を充電するかを判定する判定手段を設けたことを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の第1実施の形態に係る電磁サスペンション制御装置を図1ないし図5に基づいて説明する。この電磁サスペンション制御装置1は、図1に示すように、相対伸縮可能に設けられた第1、第2部材2、3からなる伸縮部材4と、第1部材2に設けた永久磁石（図示省略）と、この永久磁石の磁界と交差可能に第2部材3に設けたコイル5とからなる電磁ダンパ6（電磁サスペンション）を備えている。伸縮部材4の第1部材2が車両の車軸（タイヤ7）側（図12参照）に取付けられ、第2部材3が車両の車体8側（図12参照）に支持されるようになっている。電磁ダンパ6には、ストロークセンサ9が設けられており、伸縮部材4の伸縮動（ストローク位置）を検出するようにしている。そして、コイル5に通電することにより可動部（第1部材2又は第2部材3）を変位させ、電磁ダンパ6

(永久磁石及びコイル5)をアクチュエータとしてアクティブに動作させる一方、電磁ダンパ6(永久磁石及びコイル5)を発電機として使用することにより減衰力を発生させる(パッシブな動作を行う)ようにしている。

【0010】コイル5には、抵抗器10、昇圧回路11及び電池12を備えたコイル回路部13が接続されている。また、コイル回路部13に分岐するようにコントローラ14が接続されている。コイル回路部13は、コイル5に接続されて全波整流を行うブリッジ回路15と、このブリッジ回路15、前記抵抗器10及び昇圧回路11を介してコイル5に接続される電池12(充電装置)とから大略構成されている。電池12は、昇圧回路11から供給される電気エネルギーを蓄えることができるようになっている。

【0011】そして、電池12によるコイル5への電圧印加により電磁ダンパ6をアクチュエータ(モータ)としてアクティブに動作させるようにしている。また、車両の上下動ひいては伸縮部材4の伸縮動に伴い、コイル5には、その変位速度(ストローク速度)に概略比例する大きさの起電力(誘導電圧)が発生し、電磁ダンパ6を発電機として動作させるようにしている。この場合、抵抗器10に電流が流れ、伸縮部材4の伸縮動に伴うエネルギー(相対変位エネルギー)が消費され、この結果、電磁ダンパ6は、ストローク速度(誘導電圧)に応じた減衰力を発生することになる。

【0012】昇圧回路11は、コイル部(以下、昇圧回路コイル部16という。)、ダイオード17及びFET18(スイッチング手段)から大略構成されている。この昇圧回路11の機能について、電磁ダンパ6の伸縮動により生じた誘導電圧(発生電圧)〔以下、 e_i とし、また、その値も e_j とする。〕を電池12に蓄える場合を例にして、図3に示す昇圧回路11、図4及びないし図5に基づいて、以下に説明する。

【0013】図3において、昇圧回路11は、インダクタンスLの昇圧回路コイル部16と、抵抗値が r の内部抵抗20(図1では内部抵抗20の記載を省略した。)と、前記FET18に代えて設けたスイッチ21と、ダイオード17とから大略構成されている。ここで、電池12の電圧を e_b とし、また、昇圧回路11の電圧(内部抵抗20及び昇圧回路コイル部16を含む電圧)を e とする。

【0014】スイッチ21は、電池12の負極側に接続される第1固定接点21aと、ダイオード17のアノード側に接続される第2固定接点21bと、昇圧回路コイル部16に接続される可動片21cとから大略構成されている。可動片21cと第1固定接点21aとが接続されることにより、電池12が分離され、スイッチ21を介して昇圧回路コイル部16及び電磁ダンパ6のコイル5からなる閉回路が形成される(以下、この閉回路形成状態を、便宜上、 T_0 状態という。)。また、スイッチ

21が切替えられて、可動片21cと第2固定接点21bとが接続されることにより、昇圧回路コイル部16、ダイオード17、電池12及び電磁ダンパ6のコイル5からなる閉回路が形成される(以下、この閉回路形成状態を、便宜上、 T_1 状態という。))。

【0015】昇圧回路11の電圧 e は、スイッチ21の切替え(T_0 状態又は T_1 状態)により、定常状態では、図4に示すように変化する。すなわち、可動片21cが図3下方に回動し、第1固定接点21aと接続して閉回路が T_0 状態の閉回路になると、電圧 e は誘導電圧 e_i に相当する電圧 e_j になる。また、可動片21cが図3上方に回動し、第2固定接点21bと接続して閉回路が T_1 状態の閉回路になると、電圧 e は電圧「 $e_j - e_b$ 」になる。

【0016】このスイッチ21を高速で切換えたときのスイッチングのデューティ比 γ を

$$\gamma = 100 \times T_0 / (T_0 + T_1)$$

とすると、デューティ比 γ が100%のとき、昇圧回路11には、常に電圧 e_j が加わるので、定常状態では、

$$i = e_j / r$$

の電流 i が流れる。電磁ダンパ6の伸縮エネルギーは全て抵抗で消費され、そのパワー P_1 は、

$$P_1 = e_j^2 / r$$

となる。

【0017】また、デューティ比 γ が0%のときは、昇圧回路11への入力電圧(誘導電圧 e_i)の大きさが e_b より小さいとき、すなわち、 $e_i < e_b$ の場合は、昇圧回路11には、電流は流れないが、これより大きくなる、すなわち、 $e_i > e_b$ の場合は、昇圧回路11には、常に $e_i - e_b$

の電圧が加わり、定常状態では

$$i = (e_i - e_b) / r$$

の電流 i が流れる。このとき、抵抗で消費されるエネルギー(パワー P_1)は、

$$P_1 = (e_i - e_b)^2 / r$$

であり、電池12に蓄えられるエネルギー(パワー P_b)は、

$$P_b = e_b (e_i - e_b) / r$$

となる。

【0018】デューティ比 γ を0%から100%の間で変化させると電磁ダンパ6の誘導電圧 e_i を昇圧することができ、両者の中間的な特性が得られる。この際の、入力電圧に対する昇圧回路11に流れる平均電流の特性を図5に示す。電流(平均電流)は、入力電圧とデューティ比の大きさに略比例して変化し、入力電圧は電磁ダンパ6のストローク速度に略比例し、回路電流は減衰力と略比例することから、減衰力は電磁ダンパ6のストローク速度とスイッチ21のデューティ比の大きさに比例して変化することを意味する。従って、電磁ダンパ6のストローク速度によらず一定の減衰力が発生するような

特性を持つダンパとするには、電磁ダンパ6のストローク速度によらず回路に流れる電流を一定にできればよい。例えば、入力電圧に応じてデューティ比を変化させることにより、図5に示す減衰力一定となるような特性を実現することができる。

【0019】昇圧回路11が上述したような特性を有していることに基づいて、本実施の形態では、昇圧回路11（本実施の形態では、図3のスイッチ21に代えてFET18を設けている。）の電圧（整流された誘導電圧）を検出し、この検出電圧（昇圧回路11への入力電圧）に応じてFET18のスイッチングのデューティ比を変化させ、所望の減衰力が得られるように前記コントローラ14が機能するようにしている。

【0020】コントローラ14は、演算手順などを示すプログラムや固定的なデータ等を記憶するROM30と、演算結果やストロークセンサ9のデータ等を記憶するRAM31と、制御のサンプリング時間を生成するタイマ32と、電磁ダンパ6の発生電圧を検出する電圧検出回路33と、電圧検出回路33のアナログ出力値をデジタル値に変換するA/D変換器34と、昇圧回路11のFET18をオン/オフするためのPWM駆動回路35と、制御演算装置36とから大略構成されている。なお、入力電圧に対する減衰力（すなわち回路平均電流）が、予め行われた実験などにより求められており、その内容が入力電圧—回路平均電流テーブルとしてROM30に格納されている。また、回路平均電流とデューティ比との対応関係が予め求められており、その内容が回路平均電流—デューティ比テーブルとしてROM30に格納されている。電磁ダンパ6のコイル5に発生し整流された誘導電圧は、電圧検出回路33を介してA/D変換器34に入力される。制御演算装置36は、A/D変換器34でデジタル化された検出値を入力し、この検出値（昇圧回路11への入力電圧に相当する）に応じてデューティ比を決めてその値をPWM駆動回路35に

$$i = \{e_i - (1 - 0.01r) \cdot e_b\} / r \quad \dots \quad (1)$$

$$i \geq 0$$

【0024】上述したように構成した電磁サスペンション制御装置1では、入力電圧（誘導電圧 e_i ）ひいてはストローク速度が大きいときには、減衰力が一定になるようにデューティ比を決め、この決められたデューティ比に対応させてFET18をスイッチングさせ減衰力を得るようにしているので、電磁ダンパ6のストローク速度が大きくても、発生する減衰力を一定値以下に抑えることができ、過減衰の状態になることが抑制され、良好な減衰力特性を確保できる。また、FET18のスイッチングのデューティ比を変えることにより回路に流れる電流値を調整でき、これにより減衰力特性を広範囲にわたって変えることができ、ひいては、利用範囲が広くなり汎用性を向上できる。また、回路に流れる電流値を調整して小さくすることにより、回路の発熱を抑え過熱防

出力する。PWM駆動回路35は、デューティ比に対応させてFET18をスイッチングさせ、所望の減衰力を得ることができるようにしている。

【0021】この実施の形態では、電磁ダンパ6のストローク速度に応じて一定の減衰力を発生するようにしているが、このために、入力電圧を検出し、図4に示すように減衰力一定となるように入力電圧に応じてFET18にスイッチングのデューティ比を変化させるようにしている。この制御内容を、図2のフローチャートに基づいて説明する。

【0022】コントローラ14は、サンプリング周期毎に入力電圧を電圧検出回路33及びA/D変換器34を介して取り込む（ステップS1）。そして、この取り込んだ入力電圧に応じた目標の減衰力をROM30の入力電圧—回路平均電流テーブルに基づいて決定する（ステップS2）。次に、ステップS1で得た入力電圧に応じて、ROM30に記憶されている回路平均電流—デューティ比テーブルに基づいてデューティ比を決める（ステップS3）。この場合、入力電圧ひいてはストローク速度が大きいときには、図5に示されるように減衰力が一定になるようにデューティ比を決めるようにしている。続いて、PWM駆動回路35は、デューティ比に対応させてFET18をスイッチングさせ、所望の減衰力を得るようにしている（ステップS4）。

【0023】なお、回路に固有の値、例えば内部抵抗値（内部抵抗20の値）、リアクタンス、電池12の端子電圧などが既知である場合、回路平均電流 i は入力電圧（誘導電圧 e_i ）とデューティ比 r の大きさに略比例して増加し次式（1）のように近似できることから、入力電圧（誘導電圧）に対する減衰力、すなわち回路平均電流を計算により求めることができ、ステップS2に用いた入力電圧—回路平均電流テーブル及びステップS3に用いた回路平均電流—デューティ比テーブルに代えることが可能となる。

止を図ることができる。

【0025】次に、本発明の第2実施の形態に係る電磁サスペンション制御装置1を図6ないし図11に基づいて説明する。この電磁サスペンション制御装置1は、前記第1実施の形態に比して抵抗器10に代えて可変抵抗器10aを設け、コントローラ14にこの可変抵抗器10aの抵抗値を変更させる抵抗値変更回路40を設けたことが主に異なっている。なお、前記第1実施の形態と同等の部分は同一の符号で示し、その説明は適宜、省略する。

【0026】可変抵抗器10aは、初期状態では、最小の抵抗値に設定されている。コントローラ14は、整流された誘導電圧の大きさを検出し、この検出値に基づいて可変抵抗器10aの抵抗値とFET18のスイッチン

グのデューティ比を変化させ、所望の減衰力を発生させると共に、電池12に電気エネルギーを蓄えるように制御するようにしている。

【0027】FET18は、図7に示すようにスイッチングされる。そして、FET18のスイッチングのデューティ比 γ を

$$\gamma = 100 \times T_0 / (T_0 + T_1)$$

とすると、デューティ比 γ が100%のとき、電池12には電流が流れないため、エネルギーを蓄えることができない。そして、昇圧回路11に流れる電流は、可変抵抗器10aで熱として消費される。

【0028】また、デューティ比 γ が0%のときは、誘導電圧の大きさによって特性が変化する。誘導電圧の大きさが電池12の端子電圧より小さいときは、昇圧回路11には電流が流れないが、電池12の端子電圧より大きくなると、昇圧回路11に電流が流れ、電池12に電気エネルギーが蓄えられる。この際、電磁ダンパ6が吸収したエネルギーのうち、一部が可変抵抗器10aで消費され、一部は電池12に蓄えられる。

【0029】デューティ比 γ を0%から100%の間で変化させると両者の中間的な特性が得られる。電流は、誘導電圧とデューティ比の大きさに略比例して変化する。誘導電圧は電磁ダンパ6のストローク速度に略比例し、回路電流は減衰力と略比例することから、減衰力が電磁ダンパ6のストローク速度とスイッチ21のデューティ比の大きさに比例して変化するを意味する。従って、デューティ比を変化させることによりエネルギー回生をしながら、電磁ダンパ6の減衰カーストローク速度特性を所望のものにすることができる。デューティ比を変えたときの誘導電圧に対する回路に流れる平均電流の特性を図8に示す。この場合、可変抵抗器10aの抵抗値は最小に設定されている。

【0030】上述した構成の電磁サスペンション制御装置1では、電磁ダンパ6のコイル5に発生し整流された誘導電圧は、電圧検出回路33を介してA/D変換器34に入力される。制御演算装置36は、A/D変換器34でデジタル化された検出値を入力し、この検出値（昇圧回路11への入力電圧に相当する）に応じてデューティ比を決めてその値をPWM駆動回路35に出力する。PWM駆動回路35は、上述したように決められたデューティ比に対応させてFET18をスイッチングさせる。

【0031】このとき、通常は可変抵抗器10aの抵抗値を最小に設定するように、制御演算装置36は抵抗値変更回路40に指令を出す。抵抗値変更回路40は、可変抵抗器10aを制御して、その抵抗値を指定された値にするようにしている。

【0032】そして、制御演算装置36は、A/D変換器34でデジタル化された誘導電圧の検出値とROM30に記憶されている図8に示すような誘導電圧と減衰

力との対応関係を読み込み、設定されている減衰力がデューティ比0%のときの減衰力より大きいかなかを判定する。大きいと判定したときは、良好なデューティ比を求め、その値をPWM駆動回路35に入力し、かつ可変抵抗器10aの抵抗値を最小値にさせる指令を抵抗値変更回路40に出力する。

【0033】また、デューティ比を0%に固定して可変抵抗器10aの抵抗値を最小から最大まで変更したときの誘導電圧-減衰力の特性を図8に追加して示すと図9に示すようになる。すなわち、可変抵抗器10aの抵抗値が最小で、デューティ比が0%のときに発生できる減衰力より小さい値の減衰力を、抵抗値を変更することで発生させるようにしている。図9に示すデータは、ROM30に記憶されていて、制御演算装置36は、この図9のデータを読み出し、誘導電圧の大きさと発生すべき減衰力の大きさから可変抵抗器10aの抵抗値を決める。

【0034】なお、ROM30には図8に示すデータ及び図9に示すデータの両者を記憶するようにしてもよいし、図9に示すデータのみを記憶するようにしてもよい。

【0035】次に、制御演算装置36が図9に示すデータを用いてPWM駆動回路35に出力するデューティ比と、抵抗値変更回路40に出力する可変抵抗器10aの抵抗値とを求め、それぞれ出力する手順を図10のフローチャートを参照して説明する。この場合、タイマ32は一定サンプリング周期毎に信号を制御演算装置36に出力し、制御演算装置36はこの信号を受け取って以下の処理を行う。

ステップS11：A/D変換器34から整流された誘導電圧の検出値を読み込む。

ステップS12：読み込んだ誘導電圧の検出値が電池12の端子電圧より低いかなかを判断する。低いと判断した場合は、ステップS15へ進み、高いと判断した場合は、ステップS13に進む。

【0036】ステップS13：デューティ比0%のときの基準減衰力を次の計算式に基づいて算出し、ステップS14に進む。計算式は

基準減衰力=係数×[(誘導電圧)-(電池12電圧)]であり、この計算式は、ROM30に記憶され、当該ステップS13で読み出され計算に用いられる。例えば図11に示すように、検出値aのとき、基準減衰力は f_a で、検出値bのとき、基準減衰力は f_b である。

【0037】ステップS14：基準減衰力が予め定められた目標減衰力より小さいかなかを判定する。小さいと判断した場合は、ステップS15へ進み、大きいと判断した場合は、ステップS17に進む。前記基準減衰力及び目標減衰力について例示すれば次のようになる。すなわち、例えば図11に示すように、基準減衰力 f_a が目標減衰力 f_0 より小さいときは、符号A1で示す状態

(基準減衰力 $f_a < \text{目標減衰力 } f_0$) であり、基準減衰力 f_b が目標減衰力 f_0 より大きいときは、符号 B1 で示す状態 (基準減衰力 $f_b > \text{目標減衰力 } f_0$) である。

【0038】ステップ S15: 可変抵抗器 10a の抵抗値を最小の値に設定し、ステップ S16 に進む。

ステップ S16: ROM30 に記憶されている図 9 に示すデータを読み出し、この読み出しデータを用いて、目標減衰力を与える PWM 駆動回路 35 のデューティ比を求め、ステップ S19 に進む。

ステップ S17: PWM 駆動回路 35 のスイッチングのデューティ比を 0% に設定し、ステップ S18 に進む。

【0039】ステップ S18: ROM30 に記憶されている図 9 のデータを読み出し、この読み出しデータに基づいて、目標減衰力を与える可変抵抗器 10a の抵抗値を求め、ステップ S19 に進む。

ステップ S19: デューティ比を PWM 駆動回路 35 に出力する。

ステップ S20: 可変抵抗器 10a の抵抗値を抵抗値変更回路 40 に出力する。

【0040】上述したように構成した電磁サスペンション制御装置 1 では、昇圧回路 11 への入力電圧及び減衰力の大きさに応じて可変抵抗器 10a の抵抗値を可変としており、必要とされる減衰力に応じた適切な抵抗値を設定することが可能となり、これにより、可変抵抗器 10a により不要なエネルギー消費が抑制された状態で所望の減衰力を得ることができる。この際、電磁サスペンションで得られる電気エネルギーのうち抵抗器 10 で消費されるエネルギーを除く分を、電池 12 (充電装置) に充電させることが可能であり、その分、エネルギー回生率の向上を図ることができる。さらに、可変抵抗器 10a の抵抗値を変えることにより回路に流れる電流値を調整でき、これにより減衰力特性を広範囲にわたって変えることができ、ひいては、利用範囲が広くなり汎用性を向上できる。また、電磁ダンパ 6 では何らの対処もされていないと、ストローク速度が高速になると得られる減衰力が大きくなり、これに伴い実現できる最小減衰力が大きくなり、高速ストローク時に低減衰力が必要とされる場合に対処できないことが起こり得るが、本実施の形態では、電磁ダンパ 6 のコイル 5 と昇圧回路 11 との間に可変抵抗器 10a を介装し、昇圧回路 11 への入力電圧

(誘導電圧) 及び減衰力の大きさに応じてその抵抗値を調整するようにしているので、ストローク速度が高速 (誘導電圧 e_i が高い) である場合にも、抵抗値を大きくすることにより、低減衰力を得ることができる。

【0041】次に、本発明の第 3 実施の形態に係る電磁サスペンション制御装置 1 を図 12 ないし図 17 に基づいて説明する。なお、前記第 1、第 2 実施の形態と同等の部分は同一の符号で示し、その説明は適宜、省略する。

【0042】この電磁サスペンション制御装置 1 は、図

12 及び図 13 に示すように、前記第 1 実施の形態に比して、抵抗器 10 を廃止してブリッジ回路 15 及び昇圧回路 11 からなる回生回路 50 を備え、電池 12 に代えてコンデンサ 51 を設け、電磁ダンパ 6 (コイル 5) を駆動するドライブ回路 52 をコントローラ 14 に接続して設け、電磁ダンパ 6 (コイル 5) に対するドライブ回路 52 または回生回路 50 の接続を選択して行う切替スイッチ 53 を設けている。また、この電磁サスペンション制御装置 1 は、図 12 及び図 15 に示すように、ストロークセンサ 9 に代えて、車体の上下振動を検出する加速度センサ 54 を設けると共に、加速度センサ 54 の検出値をデジタル信号化する A/D 変換器 34a (加速度センサ用 A/D 変換器 34a) をコントローラ 14 に備えている。

【0043】このコントローラ 14 は、さらに、ドライブ回路 52 に対する PWM 駆動回路 35a (ドライブ回路用 PWM 駆動回路 35a) と、回生回路 50 に対する PWM 駆動回路 35b (回生回路用 PWM 駆動回路 35b) と、コンデンサ 51 の電圧を入力してその値をデジタル化する A/D 変換器 (コンデンサ用 A/D 変換器) 34b と、コンデンサ用 A/D 変換器 34b と制御演算装置 36 との間に介装されたアクティブ/パッシブ判定装置 55 とを備えたものになっている。

【0044】昇圧回路 11 は、コイル 5、FET 18、ダイオード 17 から構成され、FET 18 はオン/オフ作動される。減衰力は回生回路 50 (昇圧回路 11) に流れる電流の大きさに比例するので、減衰力を可変とするために、回生回路 50 (昇圧回路 11) に流れる電流の大きさを調整する。そして、この電流の調整は、図 14 に示すように、FET 18 のスイッチングのデューティ比を変化させることにより、設定された減衰力を得つつ、コンデンサ 51 に電気エネルギーが蓄えられるように制御して行うようにしている。

【0045】コンデンサ 51 は、回生回路 50 から供給される電流を蓄えるようにしている。ドライブ回路 52 は、電磁ダンパ 6 をモータとして動作させるためのアンブ回路などから構成されている。切替スイッチ 53 は、電磁ダンパ 6 をパッシブなダンパ (発電機) として動作させるか、アクティブなモータとして動作させるかを切替えるものである。

【0046】コントローラ 14 は、加速度センサ 54 からの信号によって車体の振動が小さくなるように、切替スイッチ 53 を介して回生回路 50 を制御して電磁ダンパ 6 の減衰力を調整したり、ドライブ回路を調整する。調整のための制御側として、例えばスカイフック理論を用いるようにしてもよい。この場合、加速度センサ 54 からの信号を積分するなどして車体の振動速度に変換し、車体の振動速度が小さくなるように調整する。

【0047】次に、アクティブ/パッシブ判定装置 55 を用いて電磁ダンパ 6 を制御する場合について説明す

る。電磁ダンパ6のコイル5に発生し整流された誘導電圧は、電圧検出回路33及びA/D変換器34を介して制御演算装置36に入力される。また、加速度センサ54からの信号は加速度センサ用A/D変換器34aを介して制御演算装置36に入力される。制御演算装置36は、上記入力信号に基づいて、車体の振動が小さくなるように、必要な減衰力を計算する。計算された減衰力が、パッシブダンパとして発生可能な場合は、減衰力を発生させるために必要なデューティ比を決め、この決められたデューティ比を回生回路用PWM駆動回路35bに出力する。回生回路用PWM駆動回路35bは、デューティ比に対応させて回生回路50内のFET18をスイッチングさせる。

【0048】一方、計算して得られた減衰力が、パッシブダンパとして発生可能な減衰力を超えている場合には、ドライブ回路52を介して電磁ダンパ6をモータとして動作させるようにしている。この場合、制御演算装置36は、力を発生させるために必要なデューティ比を決め、この決められたデューティ比をドライブ回路用PWM駆動回路35aに出力する。ドライブ回路用PWM駆動回路35aは、デューティ比に対応させてドライブ回路52内のアンプ回路を制御する。

【0049】ここで、ドライブ回路52を駆動するためのエネルギーは、コンデンサ51にチャージされた電荷である。電磁ダンパ6をモータとして動作させる場合でも、コンデンサ51にチャージされている電荷が不足している場合には十分に力を出すことができない。最悪の場合、コンデンサ51にチャージされた電荷がゼロのときには、減衰力がゼロになってしまうことになる。

【0050】そこで、アクティブ/パッシブ判定装置55は、制御演算装置36の計算した減衰力と、コンデンサ51にチャージされているエネルギー（電荷）とから、発生できる減衰力が、パッシブダンパとして発生可能な減衰力を超えているかを判断し、制御演算装置36に通知する。制御演算装置36は、アクティブ/パッシブ判定装置55の通知内容（判断結果）に基づいて切替スイッチ53を切替え作動する。例えば、計算した減衰力が図16中の減衰力Aで、電磁ダンパ6がモータとして発生可能な減衰力も減衰力Aである場合には、電磁ダンパ6として動作させることが可能である。また、計算した減衰力が図16中の減衰力Aで、電磁ダンパ6がモータとして発生可能な減衰力が減衰力Bである場合には、減衰力は小さいが、電磁ダンパ6として動作させることにより制御性能を向上させることができる。

【0051】一方、計算した減衰力が図16中の減衰力Aで、電磁ダンパ6がモータとして発生可能な減衰力が減衰力Cである場合には、電磁ダンパ6をパッシブダンパとして動作させることが望ましい。

【0052】ここで、コントローラ14の制御内容を図17に基づいて説明する。制御演算装置36は、加速度

センサ用A/D変換器34aを介して加速度センサ54からの信号を読み込む（ステップS31）。続いて、電磁ダンパ6のコイル5に発生し整流された誘導電圧を、電圧検出回路33及びA/D変換器34を介して読み込む（ステップS32）。次に、両読み込みデータに基づいて車体の振動が小さくなるように、必要な減衰力を計算する（ステップS33）。

【0053】続いて、アクティブ/パッシブ判定装置55は、コンデンサ用A/D変換器34bを介してコンデンサ51の電圧を読み込む（ステップS34）。次に、アクティブ/パッシブ判定装置55は、制御演算装置36の計算した減衰力をもとに、コンデンサ51にチャージされているエネルギーから発生できる減衰力がパッシブダンパとして発生可能な減衰力を超えているか否かを比較し（ステップS35）、アクティブ制御が可能であるか否かを判定する（ステップS36）。

【0054】ステップS36でYes（アクティブ制御が可能）と判定すると、切替スイッチ53を切替制御し（ステップS37）、ドライブ回路52を制御するように指令信号を出力する（ステップS38）。また、ステップS36でNo（アクティブに電磁ダンパ6を動作できない）と判定すると、切替スイッチ53を切替制御し（ステップS39）、回生回路50を制御するように指令信号を出力する（ステップS40）。

【0055】上述したように構成した電磁サスペンション制御装置1では、アクティブ/パッシブ判定装置55が、電磁ダンパ6に電流を供給して駆動する（アクティブ制御を行う）か、又は、電磁ダンパ6が発生した電力を充電する（パッシブ制御を行う）かを判定するので、電磁ダンパ6の作動状態及び充電状態により、アクティブ制御又はパッシブ制御を選択でき、エネルギーの不要な消費を回避でき、エネルギーの有効利用を図ることができる。

【0056】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、スイッチング手段のオンオフタイミングをPWM信号により変えて電磁サスペンションが発生する減衰力を調整可能であり、これにより、電磁サスペンションのストローク速度が大きいときにも、発生する減衰力を一定値以下に抑えることができ、過減衰の状態になることが抑制され、良好な減衰力特性を確保できる。

【0057】請求項2記載の発明によれば、ストローク速度（誘導電圧）、減衰力及びデューティ比の対応関係を予め求めておき、ストローク速度が大きくなった際に、一定の減衰力が得られるようにデューティ比を設定することにより、電磁サスペンションのストローク速度が大きくても、発生する減衰力を一定値以下に抑えることができ、過減衰の状態になることが抑制され、良好な減衰力特性を確保できる。また、スイッチング手段のスイッチングのデューティ比を変えることにより回路に流

れる電流値を調整でき、これにより減衰力特性を広範囲にわたって変えることができ、ひいては、利用範囲が広くなり汎用性を向上できる。また、回路に流れる電流値を調整して小さくすることにより、回路の発熱を抑え過熱防止を図ることができる。

【0058】請求項3又は請求項4に記載の発明によれば、変圧機構への入力電圧及び減衰力の大きさに応じて可変抵抗器の抵抗値を可変としており、必要とされる減衰力に応じた適切な抵抗値を設定することが可能となり、これにより、可変抵抗器により不要なエネルギー消費が抑制された状態で所望の減衰力を得ることができる。この際、電磁サスペンションで得られる電気エネルギーのうち抵抗器で消費されるまた、可変抵抗器の抵抗値を変えることにより回路に流れる電流値を調整でき、これにより減衰力特性を広範囲にわたって変えることができ、ひいては、利用範囲が広くなり汎用性を向上できる。

【0059】請求項5記載の発明によれば、必要とする減衰力及び充電した電力に基づいて、判定手段が、電磁サスペンションに電流を供給して駆動するか、又は、電磁サスペンションが発生した電力を充電するかを判定するので、電磁サスペンションの作動状態及び充電状態により、発電機としての作動（アクティブ制御）又はモータとしての作動（パッシブ制御）を選択でき、エネルギーの不要な消費を回避でき、エネルギーの有効利用を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施の形態を示すブロック図である。

【図2】図1のコントローラの制御内容を示すフローチャートである。

【図3】図1昇圧回路の原理を説明するための回路図である。

【図4】図3のスイッチのスイッチングのデューティ比を示す図である。

【図5】図3の入力電圧と回路平均電流との関係をデューティ比を対応させて示す図である。

【図6】本発明の第2実施の形態を示すブロック図である。

【図7】図6のFETのスイッチングのデューティ比を示す図である。

【図8】図6の可変抵抗器の抵抗値を最小にしデューティ比を変えたときの誘導電圧と回路平均電流の関係を示す特性図である。

【図9】デューティ比を変えたときの誘導電圧と回路平均電流の関係を示す特性図である。

【図10】図6のコントローラの制御内容を示すフローチャートである。

【図11】デューティ比を変えたときの電池電圧〔誘導電圧、電磁ダンパストローク速度〕と回路平均電流（減衰力）との関係を示す図である。

【図12】本発明の第3実施の形態を示すブロック図である。

【図13】図12の回生回路を示すブロック図である。

【図14】デューティ比を変えたときのコンデンサ電圧〔誘導電圧、電磁ダンパストローク速度〕と回路平均電流（減衰力）との関係を示す図である。

【図15】図12のコントローラを示すブロック図である。

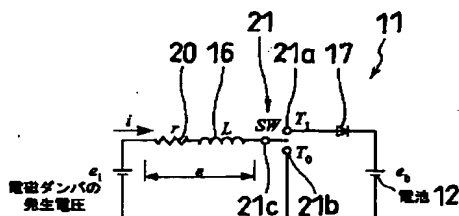
【図16】デューティ比を変えたときの誘導電圧と回路平均電流の関係を示す特性図である。

【図17】図12のコントローラの制御内容を示すフローチャートである。

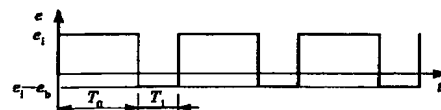
【符号の説明】

- 1 電磁サスペンション制御装置
- 4 伸縮部材
- 6 電磁ダンパ（電磁サスペンション）
- 10a 可変抵抗器
- 11 昇圧回路（変圧機構）
- 18 FET（スイッチング手段）

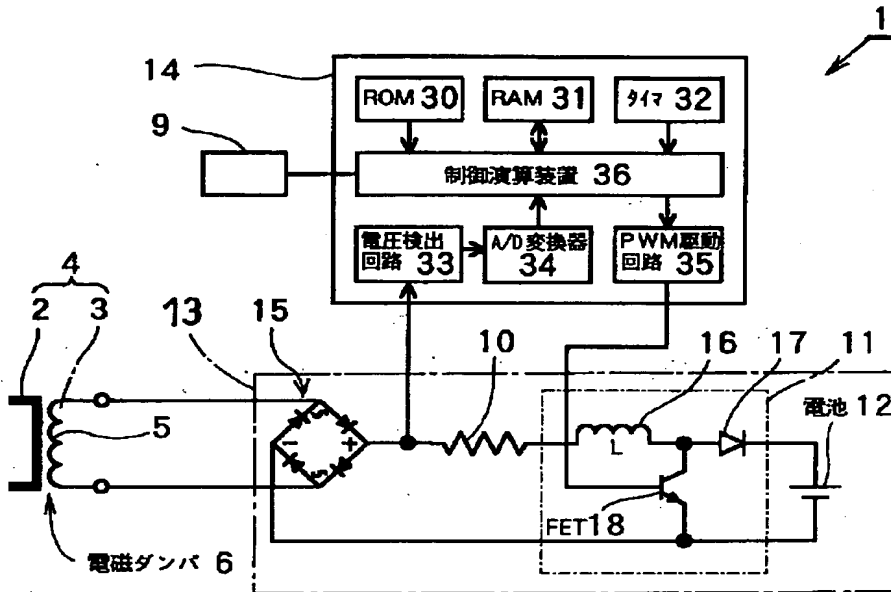
【図3】



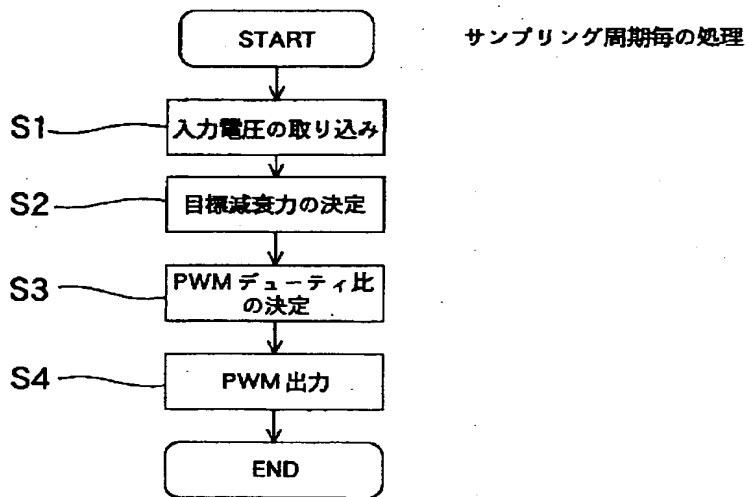
【図4】



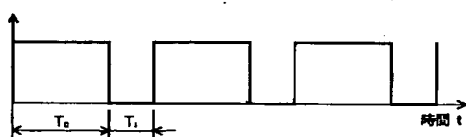
【図1】



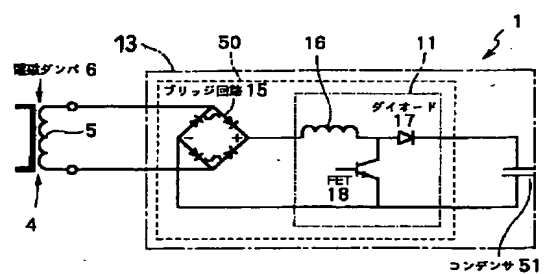
【図2】



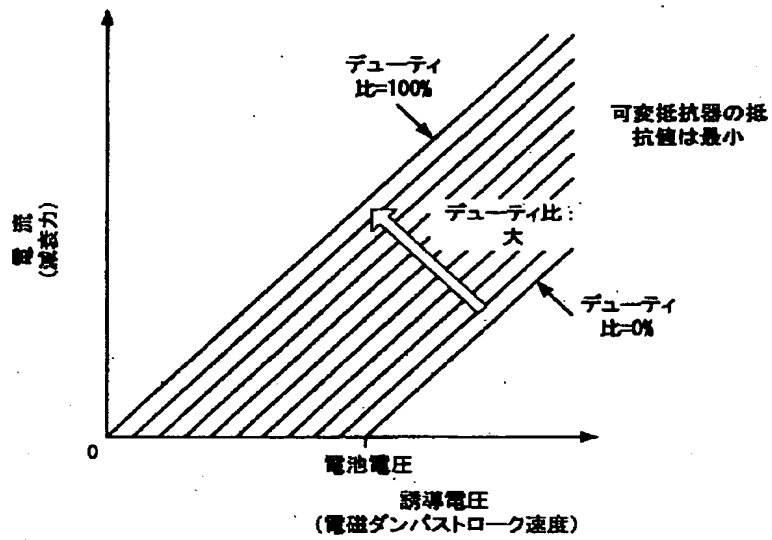
【図7】



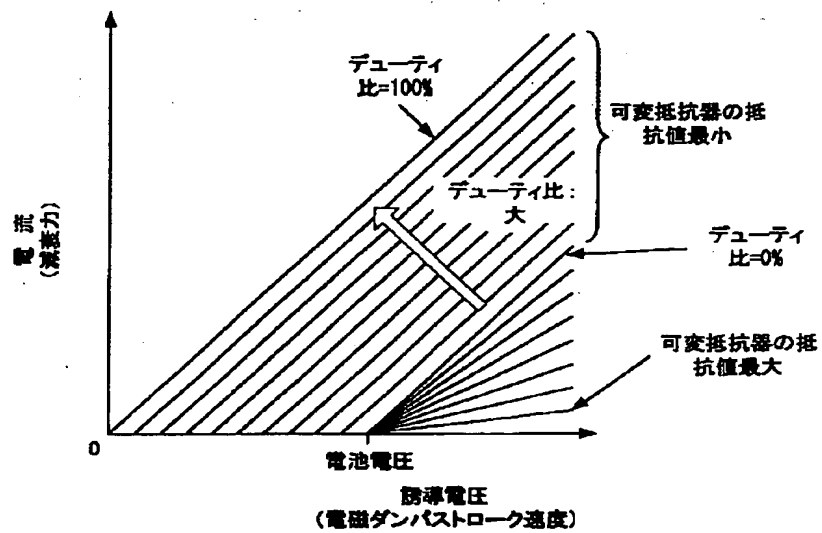
【図13】



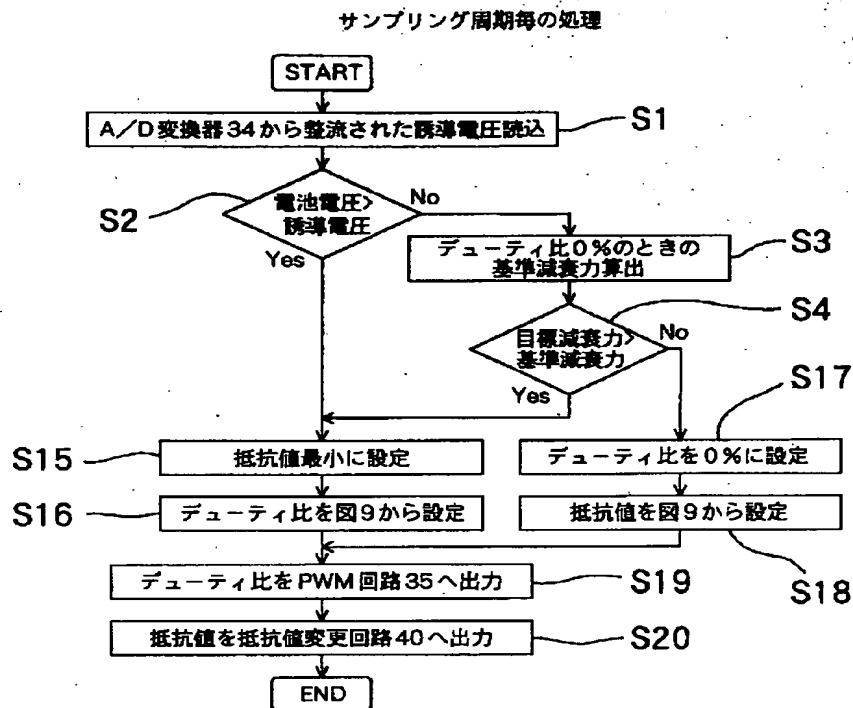
【図8】



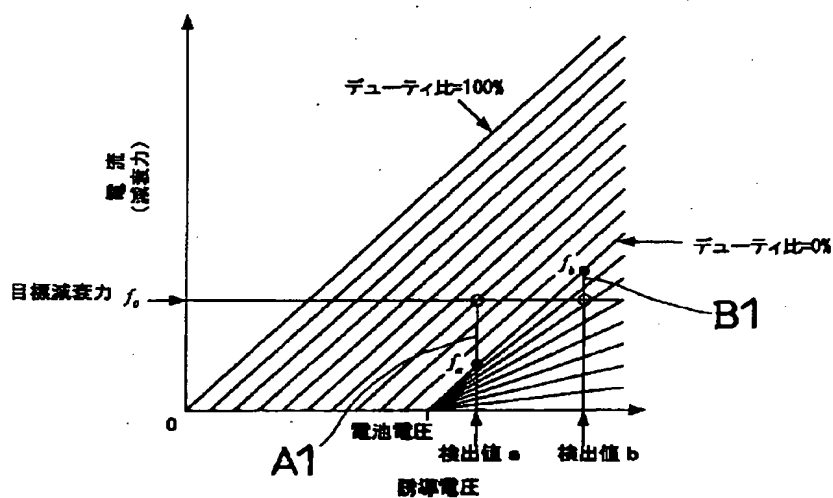
【図9】



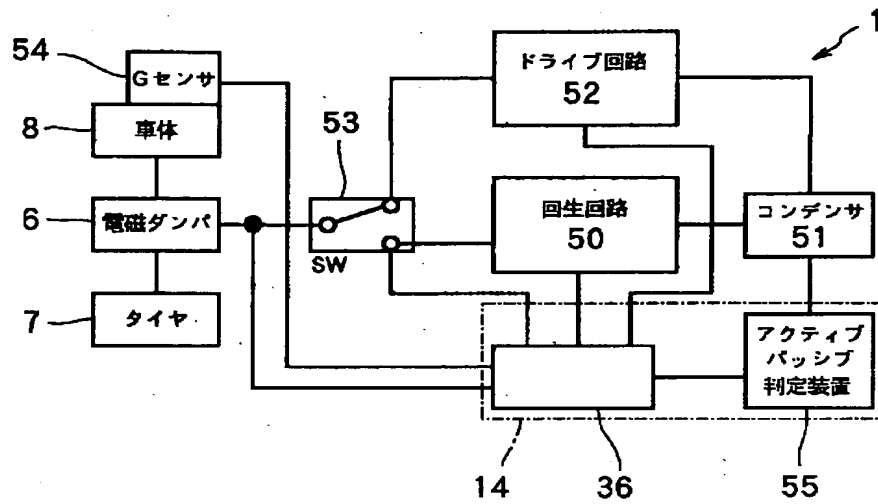
【図10】



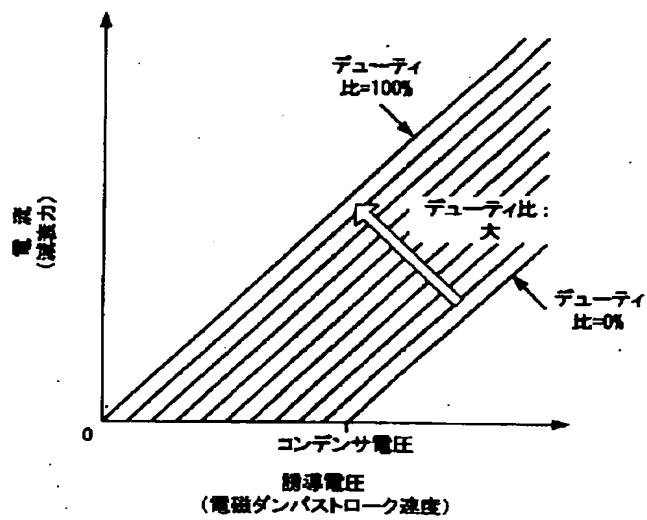
【図11】



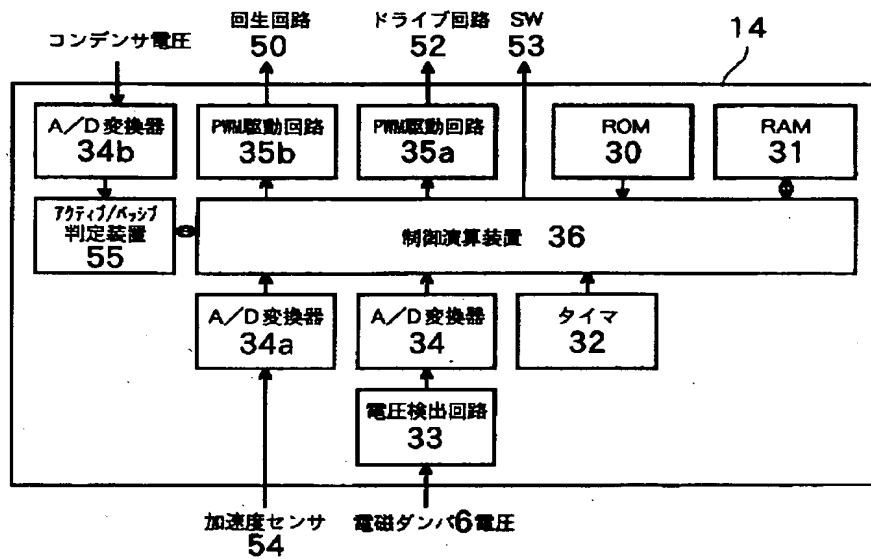
【図12】



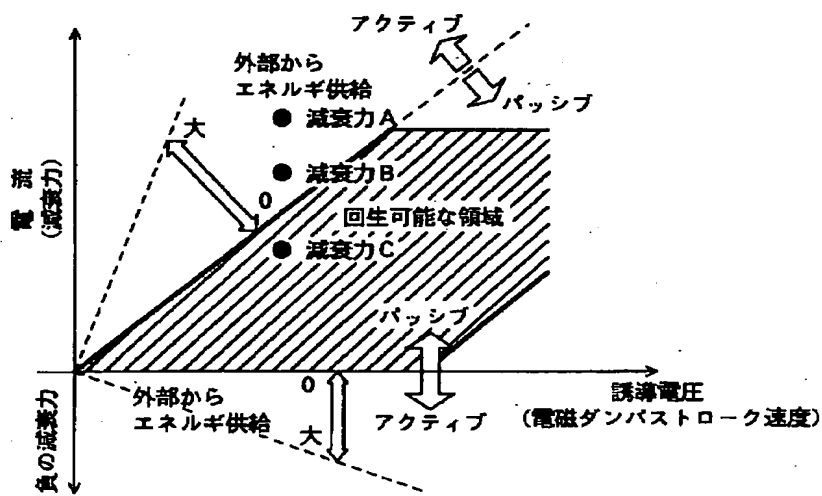
【図14】



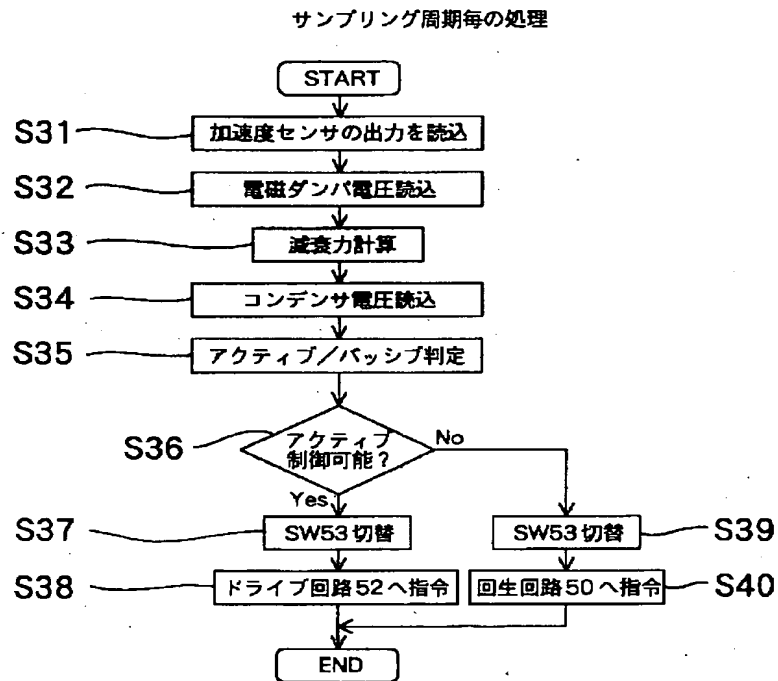
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3D001 AA02 DA17 EA03 EB00 ED02
ED16
3J048 AA07 AB11 AC08 BE09 DA01
EA15 EA38